

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL VINICIUS ANGNES DE VARGAS

**ESTUDO DOS ESTRESSORES E ASPECTOS AMBIENTAIS NO PONTO DE
CAPTAÇÃO SUPERFICIAL DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO VISANDO A
SEGURANÇA NA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO.**

TOLEDO

2022

GABRIEL VINICIUS ANGNES DE VARGAS

ESTUDO DOS ESTRESSORES E ASPECTOS AMBIENTAIS NO PONTO DE CAPTAÇÃO SUPERFICIAL DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO VISANDO A SEGURANÇA NA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO.

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profª Drª Silvana Da Silva

Coorientador: Profº MSc José Gustavo Venancio da Silva Ramos

TOLEDO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GABRIEL VINICIUS ANGNES DE VARGAS

**ESTUDO DOS ESTRESSORES E ASPECTOS AMBIENTAIS NO PONTO DE
CAPTAÇÃO SUPERFICIAL DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO VISANDO A
SEGURANÇA NA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 02/novembro/2022

Silvana Da Silva
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Tassiane Apolinário de Oliveira
Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Calil Abumanssur
Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

TOLEDO

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço à toda minha família, por todo apoio nesse percurso e terem acreditado em mim, principalmente ao meu pai Gelson, meu irmão Matheus e em especial, minha mãe Eleni, o grande motivo da conclusão dessa graduação.

Aos meus companheiros de moradia, Gabriel e João, que me ajudaram a sobreviver todos esses anos e com quem firmei laços especiais.

Ao meu colega Tiago, que esteve ao meu lado do início ao fim da graduação e fundamental pra fazer esse trabalho possível.

A todos amigos e aprendizados extraclasse que adquiri na minha passagem pela Associação Atlética Acadêmica das Engenharias da UTFPR Toledo, a família Raposa.

Aos meus demais irmãos, da vida e da universidade, pelo apoio e contribuição e por todos momentos que passamos. Eu consegui! Obrigado!

RESUMO

A água é indispensável para a sobrevivência de qualquer ser vivo, bem que contribui fundamentalmente para a sociedade através da sua utilização para inúmeras atividades econômicas. Com o passar do tempo, a discussão sobre sua disponibilidade e qualidade se intensificou, tendo em vista a crescente populacional e a geração de contaminantes por meio de ações antrópicas. O presente trabalho utilizou de uma análise morfométrica para diagnosticar a sub-bacia do Rio Toledo, desde sua nascente até o ponto de captação superficial de água da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, além de identificar e analisar os estressores ambientais que afetam, em específico, o ponto de captação superficial, responsável por 40% do abastecimento total do município. O estudo permitiu a extração de dados físicos, que foram traduzidos em parâmetros morfométricos quanto a forma, drenagem e relevo da bacia. Os resultados realçam uma bacia com alta capacidade de escoamento superficial e baixa propensão de acúmulo de água em seu leito, propiciado por um formato alongado, além de um relevo plano. As características identificadas alertam para um potencial de processos erosivos e a necessidade da manutenção da cobertura vegetal. Quanto a análise dos estressores ambientais, na análise semiquantitativa de priorização de riscos, observou-se a existência de eventos perigosos classificados de alto risco, muito relacionados com a facilidade do acesso de terceiros à área em estudo. Medidas de controle foram propostas visando a gestão dos riscos na bacia de captação superficial a partir das diretrizes propostas para Planos de Segurança da Água sugeridas pela Organização Mundial da Saúde que visam a segurança da qualidade da água.

PALAVAS CHAVE: Estressores ambientais, bacia hidrográfica, plano de segurança da água, abastecimento de água.

ABSTRACT

Water is indispensable for the survival of any living being, and it fundamentally contributes to society through its use for limitless activities. Over time, the discussion about its availability and quality intensified, in view of the growing population and the generation of contaminants through anthropic actions. The present work used a morphometric analysis to diagnose the sub-basin of the Toledo River, from its source to the surface water collection point of the Sanitation Company of Paraná - SANEPAR, in addition to identifying and analyzing the environmental stressors that reached, in specifically, the surface collection point, responsible for 40% of the total water supply in the municipality. The tolerant study of physical data, which were translated into morphometric parameters regarding the shape, drainage and relief of the basin. The results highlight a basin with a high surface runoff capacity and low propensity for water accumulation in its bed, provided by an elongated shape, in addition to a relief plane. The identified characteristics point to a potential for erosion and the need to maintain the vegetation cover. As for the analysis of environmental stressors, in the semi-quantitative analysis of prioritization of risks, the existence of dangerous events classified as high risk was observed, closely related to the ease of access by third parties to the area under study. Control measures were proposed aiming at risk management in the surface catchment basin based on the proposed guidelines for Water Safety Plans suggested by the World Health Organization aimed at ensuring water quality.

KEYWORDS: Environmental stressors, watershed, water security plan, water supply.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Poluição pontual e poluição difusa	16
Figura 02 - Fontes de poluição antropogênica no ambiente aquático	17
Figura 03 - Impurezas contidas na água	19
Figura 04 - Objetivos do PSA	24
Figura 05 - Etapas para implementação do PSA	26
Figura 06 - Etapas metodológicas desenvolvidas no trabalho	29
Figura 07 - Matriz semiquantitativa de priorização de risco (4ª etapa).....	32
Figura 08 - Sub-bacias hidrográficas da Bacia do Paraná 3.....	34
Figura 09 - Sub-bacia de gestão de recursos hídricos do Rio Toledo.....	35
Figura 10 - Vista aérea do recorte de estudo - Rio Toledo.....	36
Figura 11 - Ponto de captação superficial do Rio Toledo	37
Figura 12 - Mapa de drenagem do recorte da bacia do Rio Toledo... ..	40
Figura 13 - Entrada do ponto de captação superficial da SANEPAR.....	45
Figura 14 - Cercamento do acesso ao ponto de adução de água da captação superficial da SANEPAR.....	45
Figura 15 - Pessoas em momento de lazer no entorno da área de captação superficial.....	46
Figura 16 - Vestígios de vandalismo no entorno da área de captação superficial Toledo.....	47
Figura 17 - Resumo da análise de risco do ponto de captação superficial do Rio Toledo.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Dados e parâmetros morfométricos resultantes.....	39
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Descrição para avaliação semiquantitativa de priorização de risco.....	33
Quadro 02 – Eventos perigosos potenciais existentes na área de captação...43	43
Quadro 03 - Medidas de controle para eventos perigosos em captação superficial.....	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivo Geral	12
1.3	Objetivos específicos	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Qualidade da água	14
2.2	Poluição da água	15
2.2.1	Fontes de poluição	15
2.2.2	Características das impurezas	17
2.2.2.1	Poluição física	18
2.2.2.2	Poluição química	18
2.2.2.3	Poluição biológica.....	19
2.2.3	Principais fontes de poluição	20
2.2.3.1	Agricultura	20
2.2.3.2	Aquicultura	21
2.2.3.3	Pecuária	21
2.2.3.3	Esgoto doméstico	22
2.2.3.3	Esgoto industrial	22
2.2.3.3	Resíduos sólidos	23
2.3	Plano de Segurança da água	23
2.4	Danos morfométricos	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1	Delimitação da pesquisa	30
3.2	Análise morfométrica	31
3.3	Matriz de semiquantitativa priorização de risco	31
4	CARCATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
4.1	Bacia hidrográfica	34
4.2	Ponto de captação superficial	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1	Classificação morfométrica	39
5.2	Matriz de risco	42
6	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem básico para a manutenção da vida humana. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), “todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas, têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura”. Isto é, garantir uma oferta de água suficiente para as demandas da sociedade, de forma contínua e financeiramente acessível. Além disso, vê-se necessário entender e frear o descaso entre gerações com o elemento natural em questão (SOUZA, 2008).

Acompanhando a crescente da população mundial, o desenvolvimento urbano e industrial trouxe progresso à diversas sociedades ao redor do globo, mas também, consequências negativas, mais especificamente, ao meio ambiente e saúde pública. As transformações tecnológicas intensificaram a contaminação de corpos hídricos e de elementos fundamentais para o homem. Nesse sentido, a água foi extremamente afetada (VON SPERLING, 2005).

Nesse sentido, a OMS sugere às instituições gestoras de sistemas de serviço público de água a implementação do Plano de Segurança da Água (PSA), que reúne um conjunto de boas práticas, visando colaborar na segurança efetiva da qualidade da água destinada à população através de uma abordagem preventiva e ações de monitoramento operacional (OMS, 2012).

Diante disso, esta pesquisa busca levantar, analisar e classificar eventos que apresentem risco potencial ao ponto de captação superficial de água do Rio Toledo da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). Também, o estudo faz um mapeamento da drenagem e consequente análise morfométrica da porção da bacia a montante do ponto de adução de água, a fim de realizar um diagnóstico quanto à suscetibilidade de processos erosivos na área.

O trabalho faz uso de uma adaptação da matriz de priorização de risco, ferramenta sugerida pela OMS em 2017 no documento “*Guidelines for drinking-water quality*” na etapa de avaliação do sistema, com o objetivo de classificar eventos perigosos para facilitar na gestão do modelo de abastecimento de água. A análise morfométrica faz uso de dados altimétricos para obtenção de dados físicos e posterior cálculo de parâmetros que permitem o enquadramento da bacia quanto forma, relevo e drenagem.

1.1 Justificativa

A proteção dos mananciais responsáveis por prover água para o abastecimento público por parte das entidades gestoras competentes é essencial, haja visto a responsabilidade quanto a segurança da qualidade da água que é fornecida como produto final. A abordagem preventiva facilita o monitoramento e diminui custos quando comparado com medidas de remediação de consequências.

Também, além do consumo humano, a água é utilizada para a execução de boa parte das atividades econômicas que regem a economia do país. No caso do município de Toledo, observa-se a utilização de meios hídricos na agricultura, pecuária e indústria, práticas que tanto necessitam de parâmetros aceitáveis de qualidade, bem como podem colaborar na contaminação de mananciais.

Considerando a importância do recurso fundamental que é água para a espécie humana, torna-se necessária a garantia da segurança da qualidade da água, conferindo padrões mínimos ao consumo humano.

O presente trabalho identifica e quantifica os riscos e perigos existentes no ponto de captação superficial do Rio Toledo, utilizando como ferramenta diretrizes presentes no Plano de Segurança de Água (PSA), instrumento preconizado pela Organização Mundial da Saúde, a fim de compor o PSA. Além disso, o mapeamento da drenagem do recorte da bacia permite sua caracterização quanto a forma e relevo, aspectos que colaboram na gestão ambiental do meio natural.

1.2 Objetivo Geral

Identificar os estressores ambientais que podem fragilizar a qualidade da água de abastecimento na captação superficial da microbacia do Rio Toledo.

1.3 Objetivos Específicos

- Analisar a influência dos aspectos morfométricos do recorte da microbacia hidrográfica do Rio Toledo, quanto sua forma, relevo e capacidade de drenagem;

- Investigar possíveis ameaças ambientais através da aplicação da matriz de riscos e perigos proposta pela OMS para planos de segurança de água;
- Propor medidas de controle para riscos e perigos potenciais identificados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico são apresentados e analisados aspectos relacionados à qualidade da água, a poluição dos mananciais e sistemas de captação, relacionando esses fatos com questões de saúde pública, além de colaborar em uma eventual composição do Plano de Segurança da Água recomendado pela Organização Mundial da Saúde.

2.1 Qualidade da água

A qualidade da água é resultante de consequências advindas de influências naturais e da atuação do ser humano, devendo-se a fatores como:

- Influência natural: A qualidade das águas presente em corpos hídricos pode sofrer consequências da infiltração no solo ou escoamento resultantes de chuvas.
- Influência do homem: Seja de forma direta, como no despejo de impurezas em bacias hidrográficas, ou indireta, a exemplo da aplicação de defensivos agrícolas no solo, a forma com que o homem usa o solo implica diretamente na qualidade da água (VON SPERLLING, 2005).

A crescente industrialização e o aumento populacional levaram ao surgimento de necessidades globais, dentre elas, o consumo próprio, a agricultura, a navegação, a produção industrial, a geração de energia, dentre outras. Também, desde a antiguidade, a água é utilizada para limpar, transportar e descartar resíduos, fato que também acaba interferindo em sua qualidade (MEYBECK; HELMER, 1996).

De acordo com Miller JR. (2011), a qualidade da água pode depender tanto de um vetor singular, quanto de uma variedade destes. O grau de qualidade do corpo hídrico se dá pela soma de atividades interferentes, que são relacionadas pela ocupação do solo via ação antrópica, ou de condições naturais.

Segundo a WHO (2017), entidades gestoras são responsáveis pela segurança da água, a qual é obtida por meio de uma legislação que acompanhe metas de saúde, as quais podem ser divididas em:

- Metas de resultado de saúde, como números a respeito de doenças;
- Metas de qualidade da água, como valores de indicadores químicos;
- Metas de desempenho, como a diminuição de patógenos;

- Metas tecnológicas, como a instauração de processos a fim de tratar a água.

Esses faróis são fundamentais para a composição do Plano de Segurança da Água, adiante abordado e de uma legislação que avalie os riscos à saúde humana. Em conjunto, a companhia de prestação de serviço público, aliada à legislação, deve assegurar a proteção aos mananciais, visando evitar a contaminação dos corpos hídricos, principalmente, por parte da ação antrópica.

No Brasil, os parâmetros para garantia de qualidade da água são recomendados pela resolução do Ministério da Saúde na portaria GM/MS nº 888/2021, que altera o anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017.

2.2 Poluição da água

A qualidade e segurança da água está diretamente influenciada pela poluição dos corpos hídricos, tornando-se um fator que deve ser gerido corretamente a fim de alcançar os resultados esperados. Ao problematizar a questão, Nass (2002), apresenta a seguinte definição:

Poluição é uma alteração ecológica, ou seja, uma alteração na relação entre os seres vivos, provocada pelo ser humano, que prejudique, direta ou indiretamente, nossa vida ou nosso bem-estar, como danos aos recursos naturais como a água e o solo e impedimentos a atividades econômicas como a pesca e a agricultura (NASS, 2002).

Corroborando essa ideia, Miller Jr (2011) ressalta que a poluição é “qualquer alteração química, biológica ou física na qualidade da água que prejudique os organismos vivos ou torne a água inadequada para consumo” (MILLER JR., 2011).

2.2.1 Fontes de poluição

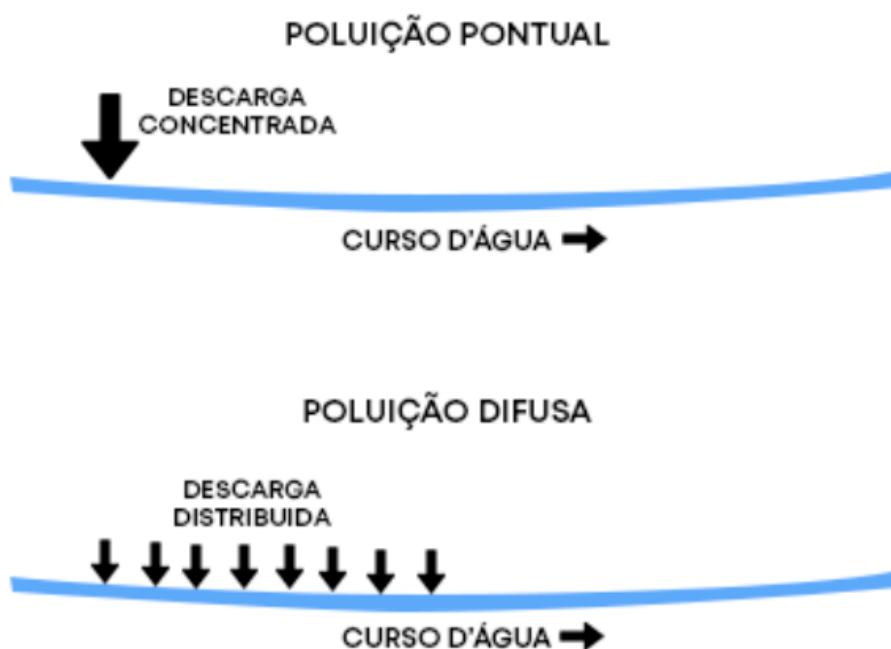
Existe uma gama de fontes poluidoras de águas, que variam de acordo com a forma com que atingem o corpo hídrico e sua carga poluidora. Na literatura, observa-se uma divisão dos vetores de poluição entre pontuais (únicas) e difusas (não pontuais).

- Fontes pontuais: atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço (VON SPERLING, 2005).

- Fontes difusas: são espalhadas e não podem ser rastreadas a um único local de descarga (MILLER JR., 2011).

A figura 01 ilustra a diferença entre a poluição pontual e difusa:

Figura 01 - Poluição pontual e poluição difusa.



Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005.

Nas fontes pontuais, verifica-se uma facilidade maior de controle, tendo em vista que são casos específicos e há necessidade de rastrear apenas um ponto de carga. Meybeck e Helmer (1996) destacam que a grande diferença dessa fonte de poluição em relação às difusas é que as fontes pontuais podem ser coletadas e tratadas, como os esgotos industriais e domésticos.

Em contraponto, nas fontes difusas há uma grande dificuldade em monitorar diferentes pontos de carga, por exemplo, os lançamentos das drenagens urbanas, o escoamento de água de chuva sobre campos agrícolas e os acidentes com produtos químicos ou combustíveis (PEREIRA, 2004).

Ainda conforme Pereira (2004), as consequências de um determinado poluente dependem das suas concentrações, do tipo de corpo d'água que o recebe e dos usos da água.

Figura 02 - Fontes de poluição antropogênica no ambiente aquático.

Fontes	Bactérias	Nutrientes	Elementos traço	Pesticidas e Herbicidas	Micropoluentes orgânicos industriais	Óleos e graxas
Atmosfera		x	xxxG	xxxG	xxxG	
Fontes pontuais						
Esgoto doméstico	xxx	xxx	xxx	x	xxx	
Esgoto industrial		x	xxxG		xxxG	xx
Fontes difusas						
Fontes agrícolas	xxx	xxx	x	xxxG		
Dragagem de solo		x	xxx	xx	xxx	x
Navegação e portos	x	x	xx		x	xxx
Fontes mistas						
Escoamento urbano e depósitos de lixo	xx	xxx	xxx	xx	xx	xx
Depósitos industriais		x	xxx	x	xxx	x

x - Fonte de baixa significância local;

xx - Fonte de moderada significância local/regional;

xxx - Fonte de alta significância regional;

G - Fonte de significância global

Fonte: Adaptado de Meybeck e Helmer, 1996.

A figura 02 revela que alguns tipos de uso da água causam contaminações mais relevantes para a qualidade da água. Índices de qualidade e a legislação são os principais meios administrativos para gerenciar a segurança da qualidade da água que atende ao usuário.

2.2.2 Característica das impurezas

Os diferentes elementos presentes nos corpos hídricos, que acabam de definindo a poluição das águas, podem ser expressos quanto às suas características físicas, químicas e biológicas. Von Sperling (2005) cita que os diversos componentes presentes na água e que alteram o seu grau de pureza podem ser retratados, de uma maneira ampla e simplificada, em termos das suas características físicas, químicas e biológicas.

Concordando com isso, Meybeck e Helmer (1996) definem a avaliação da qualidade da água como um processo geral de avaliação das características físicas, químicas e biológicas da água em relação à qualidade natural, aos efeitos humanos e aos usos.

Problematizando a questão, Pereira (2004) defende que o grau de poluição encontrado em um corpo hídrico é mensurado através de características físicas,

químicas e biológicas das impurezas em questão, que, por sua vez, podem ser traduzidas em parâmetros de qualidade e controle.

2.2.2.1 Poluição física

A poluição física pode ser definida, na maioria das vezes, pela existência de sólidos nos cursos d'água. Essas impurezas geralmente acarretam alterações em parâmetros como a cor e a turbidez da água e podem se encontrar em suspensão, ser coloidais ou dissolvidos, dependendo do seu tamanho (VON SPERLING, 2005).

Para Pereira (2004), as principais formas de poluição física são:

- Poluição térmica: decorre do lançamento nos rios da água aquecida usada no processo de refrigeração de refinarias, siderúrgicas e usinas termoelétricas.
- Poluição por resíduos sólidos: pode se dar pela presença de sólidos suspensos, coloidais e dissolvidos, os quais, em geral podem ser provenientes de ressuspensão de fundo devido à circulação hidrodinâmica intensa, de esgotos industriais e domésticos, da erosão de solos carregados pelas chuvas ou da erosão das margens.

2.2.2.2 Poluição química

A poluição física pode ser definida, na maioria das vezes, pela existência de sólidos nos cursos d'água. Essas impurezas geralmente acarretam alterações em parâmetros como a cor e a turbidez da água e podem se encontrar em suspensão, ser coloidais ou dissolvidos, dependendo do seu tamanho (VON SPERLING, 2005).

Para Pereira (2004), as principais formas de poluição física são:

- Poluição térmica: decorre do lançamento nos rios da água aquecida usada no processo de refrigeração de refinarias, siderúrgicas e usinas termoelétricas.
- Poluição por resíduos sólidos: pode se dar pela presença de sólidos suspensos, coloidais e dissolvidos, os quais, em geral podem ser provenientes de ressuspensão de fundo devido à circulação hidrodinâmica intensa, de esgotos industriais e domésticos, da erosão de solos carregados pelas chuvas ou da erosão das margens.

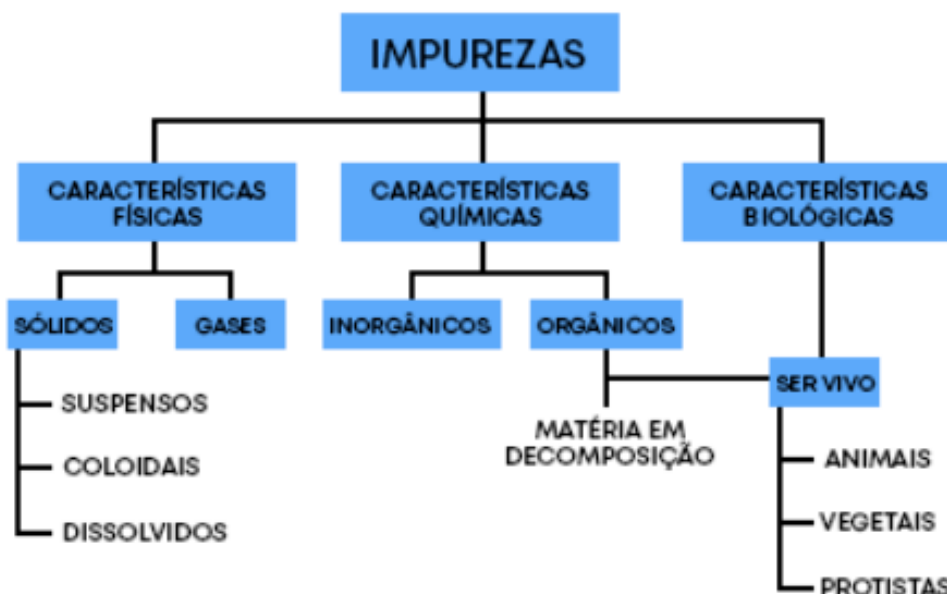
2.2.2.3 Poluição biológica

A poluição biológica se refere à presença de microrganismos com potencial patogênico, isto é, transmissores de doenças. Nesses casos, a contaminação se dá principalmente pelo contato das águas com esgotos, sejam eles domésticos ou industriais.

Para Pereira (2004), os principais organismos que configuram esse tipo de poluição são:

- Bactérias: provocam infecções intestinais epidérmicas e endêmicas (febre tifóide, cólera, shigelose, salmonelose, leptospirose);
- Vírus: provocam hepatites e infecções nos olhos;
- Protozoários: responsáveis pelas amebiasises e giardíases;
- Vermes: esquistossomose e outras infestações.

Figura 03 - Impurezas contidas na água.



Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005.

A Figura 03 apresenta de forma visual e resumida a divisão da classificação das impurezas contidas na água, de acordo com características físicas, químicas e biológicas.

2.2.3 Principais fontes de poluição

O progressivo aumento da população, somado a inevitável industrialização ao longo do tempo, configura situações de escassez hídrica em locais densamente povoados. Tal cenário revela que a maioria das atividades provenientes do ser humano tem levado à poluição de águas naturais superficiais e subterrâneas (SODRÉ, 2012).

Santos (2004), menciona que a poluição dos corpos hídricos é resultado de dos esgotos domésticos, dos despejos industriais, do escoamento da chuva das áreas urbanas e das águas de retorno de irrigação, da inadequada disposição do lixo, dos acidentes ecológicos, entre outros.

Considerando esse panorama, as seções seguintes procuram discutir as maiores matrizes de poluição das águas.

2.2.3.1 Agricultura

Devido à alta e crescente demanda de alimentos no planeta, a utilização da água se torna extensiva. Em grande parte dos países, o consumo de água na agricultura representa 70% da disponibilidade total, sendo que boa parte é utilizada para irrigação a partir de águas subterrâneas (TUNDISI, 2008).

Merten e Minella (2002) argumentam que a poluição dos mananciais ocorre principalmente por conta do deflúvio superficial, que provoca excessivo crescimento de algas e plantas e reduz a disponibilidade de oxigênio na água, afetando o ecossistema como um todo. Para os autores, as consequências podem se estender ao abastecimento doméstico, devido às substâncias liberadas pela flora aquática.

Pereira (2004), destaca que o uso de defensivos químicos utilizados na agricultura pode causar danos imediatos a espécies fundamentais e se acumular ao longo das cadeias alimentares. Também, através das chuvas, os pesticidas infiltram no solo, contaminando lençóis freáticos e rios.

2.2.3.2 Aquicultura

A presença da aquicultura como atividade econômica é observada na região de estudo, prática que pode afetar a qualidade e segurança dos mananciais em seu entorno.

Tavares (2004), sinaliza que a prática da aquicultura em que é utilizado o fluxo contínuo de água entre viveiros, sem um tratamento adequado, pode acarretar problemas como a eutrofização, causando consequências aos animais que ali vivem e a poluição do corpo d'água.

A poluição por excesso de nutrientes pode levar ao crescimento de espécies como o fitoplâncton e algas, que causam eutrofização, aumento de sedimentos e diminuem o oxigênio disponível, tornando o ecossistema desbalanceado (SHARIAR; DHRUBO; MD SAAZAD, 2019).

2.2.3.3 Pecuária

Outra fonte de poluição das águas se dá por meio das impurezas vindas de atividades pecuárias, como a suinocultura, avicultura, gado de corte e leite. Essa atividade econômica tende a crescer, tendo em vista que a população continua progredindo e o país apresenta uma grande força exportadora.

De acordo com Merten e Minella (2002), os estados do sul do país (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) concentram 70% do rebanho suíno do país e a cidade de Toledo, de acordo com a Pesquisa da Pecuária Municipal de 2020, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) tem o maior rebanho efetivo de suínos do país.

O produto da criação de suínos implica uma alta demanda bioquímica de oxigênio e altos níveis de fósforo. As consequências são a eutrofização das águas e o baixo oxigênio disponível. Além disso, os dejetos suínos que são utilizados como fertilizante podem contaminar tanto águas subterrâneas, quanto superficiais quando a infiltração do solo for baixa (MERTEN; MINELLA, 2002).

Em se tratando do gado, em vários casos, ocorre uma alta taxa de lotação animal por unidade de área, resultando em uma elevada deposição de fezes na

pastagem, o que configura uma fonte difusa de poluição de corpos de água (PRIMAVESI; FREITAS, 2000).

Nesse mesmo sentido, a compactação do solo é fator fundamental na qualidade da água, pois favorece a diminuição na infiltração de água para os lençóis freáticos e a consequente degradação das margens dos rios (SOUZA, 2010).

2.2.3.4 Esgoto doméstico

Aproximadamente 80% da população brasileira vive na zona urbana, regiões em que a grande fonte poluidora do meio hídrico são os esgotos domésticos e industriais (CHAMUN, 2008). A água que compõe o esgoto doméstico compreende a água utilizada pelo ser humano para higiene pessoal, cozimento, lavagem em geral e a água proveniente de vasos sanitários (PEREIRA, 2004).

A matéria orgânica que está presente nos corpos hídricos e no esgoto é a principal causadora de poluição nas águas. Os microrganismos presentes consomem excessivamente o oxigênio dissolvido em seus processos metabólicos (VON SPERLING, 2005). O lançamento do esgoto doméstico nos meios hídricos não fica restrito ao que recebe o efluente, mas comprometerá toda a bacia fluvial (CUNHA; FERREIRA, 2006).

2.2.3.5 Esgoto industrial

O setor industrial é um dos grandes consumidores de água e, conseqüentemente, um grande poluidor, não só em vazão, mas em perigo potencial, tendo em vista a diversidade de compostos químicos que podem ser encontrados em seus efluentes.

A utilização da água pela indústria é variada, podendo ser vista na incorporação ao produto, nas lavagens em geral, em sistemas de resfriamento; além de águas utilizadas diretamente nas etapas do processo industrial ou em esgotos sanitários dos funcionários (GIORDANO, 2004).

Pereira (2004), destaca que a poluição térmica pode afetar a aceleração do metabolismo e ritmo respiratório de seres vivos, além de águas de refrigeração serem fontes potenciais de cromo.

2.2.3.6 Resíduos Sólidos

As atividades antropogênicas produzem resíduos sólidos que culturalmente foram denominados lixo. Com o visível aumento populacional e a urbanização, urge a necessidade de soluções para os grandes volumes de entulho gerados pelo homem, que, por sua vez, contribuem na poluição das águas.

A aglomeração de resíduo em galerias de esgoto e a decomposição dessa matéria aparece entre os principais impactos na malha hídrica, pois produz um líquido poluente denominado chorume (PEREIRA, 2004).

O chorume possui um alto teor de matéria orgânica e pode apresentar metais pesados. Historicamente, “lixões”, que são depósitos de resíduos a céu aberto, são alocados próximos ou dentro de leitos de rios, aumentando ainda mais o risco de comprometimento de corpos hídricos (FADINI; FADINI, 2001).

Fadini e Fadini (2001) observam que há alternativas ao lixão, como os aterros sanitários, o aterro controlado, o incinerador e a usina de compostagem, que possuem particularidades, vantajosas ou não.

2.3 Plano de Segurança da Água

O Plano de Segurança da Água (PSA) é um instrumento sugerido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) cujo objetivo é garantir a segurança da água em todas as etapas da cadeia de abastecimento de água potável, desde a captação até o consumidor. As diretrizes visam eliminar ou mitigar qualquer contaminação química, biológica, física ou radiológica, bem como prover segurança nos processos de armazenamento e distribuição da água (COLLIVIGNARELLI, 2016).

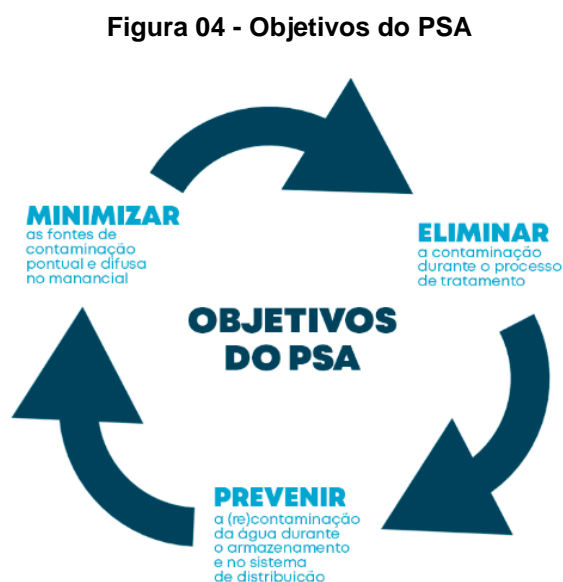
Antecedendo o que se conhece como o atual Plano de Segurança de Água, por volta dos anos 2000, a metodologia *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP), utilizada na indústria alimentar, com o intuito de identificar e controlar riscos potenciais, passou adaptações para os sistemas de abastecimento de água e foi implementada com sucesso na Austrália. Essa primeira abordagem deu origem ao Plano de Segurança da água (HILACO, 2012).

Em 2004, o Congresso Mundial da Água, International Water Association (IWA) apresentou *The Bonn Charter for Safe Drinking Water*, que reúne nove princípios para

promover a gestão de risco por meio das entidades gestoras (VIEIRA, 2008). E nesse mesmo ano, OMS publicou a 3ª edição das *Guidelines for Drinking-Water Quality*, promovendo a implementação por parte das companhias de gestão de água do Plano de Segurança da Água, metodologia que visa uma gestão preventiva e apresenta um manual de boas práticas (VIEIRA E MORAIS, 2005).

O controle da qualidade da água requer implementação de planos de gestão que garantam que a concentração de patógenos e substâncias químicas não representem risco à saúde da população e mantenham um padrão de potabilidade aceitável (WHO, 2017).

A Figura 04 apresenta os objetivos gerais da implementação do PSA:



Fonte: Adaptado de Bastos, 2010.

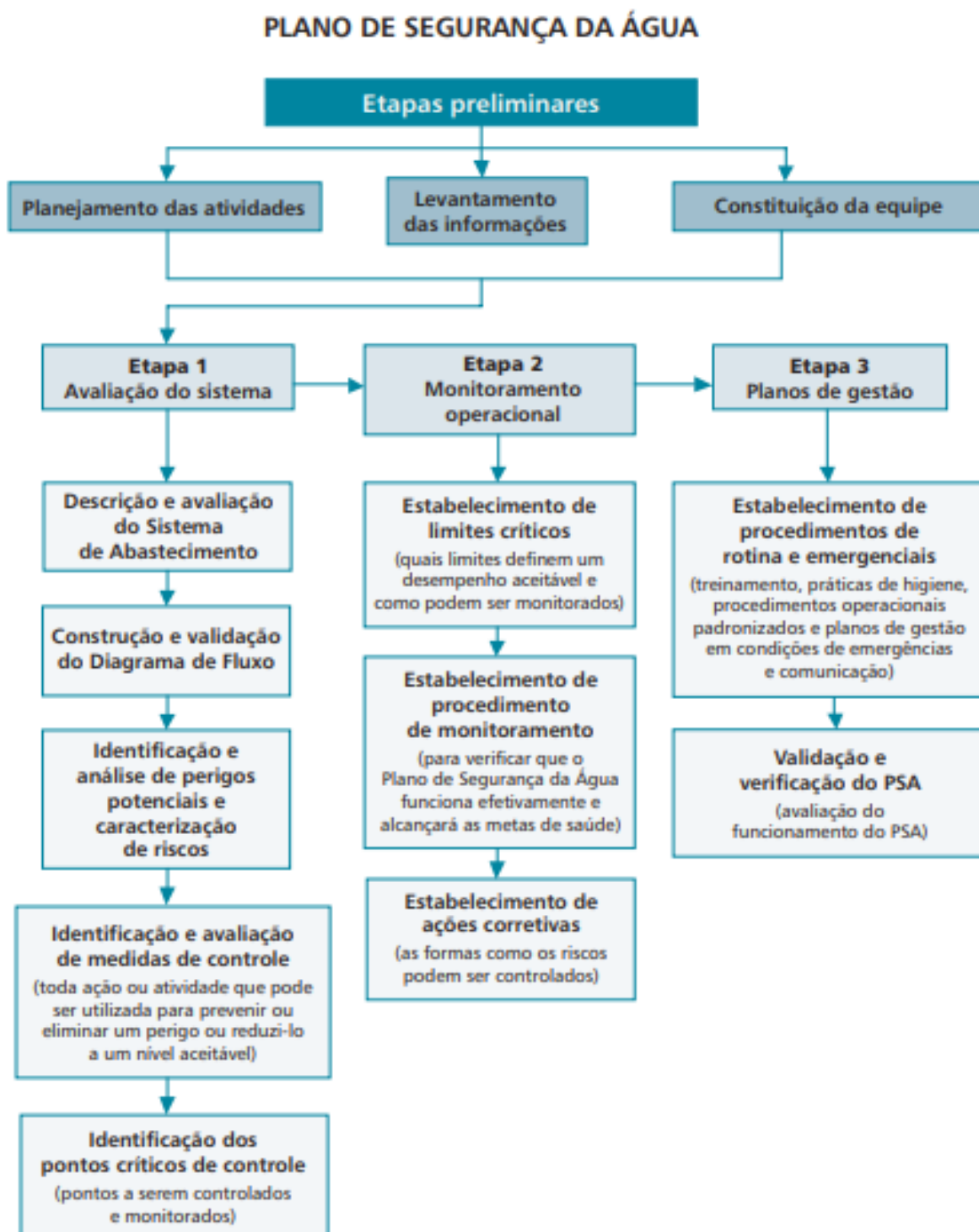
De forma breve, as etapas para o desenvolvimento do PSA são:

- Etapas preliminares: planejamento de atividades, levantamento de informações, constituição de equipes;
- Avaliação do sistema: descrição do sistema de abastecimento e análise de perigos potenciais;
- Monitoramento operacional: determinação de medidas de controle e tomada de ações corretivas;
- Planos de gestão: verificações sazonais, estabelecimento de rotinas e organização da documentação de avaliação periódica.

- Revisão do PSA: considerando os dados coletados, alterações ao longo do tempo e a implementação de possíveis melhorias, inclusive em relação à riscos e perigos;
- Validação e verificação do PSA: verificação se as metas de saúde estão sendo alcançadas (WHO, 2017).

As etapas para implementação de um plano de segurança de água são documentadas e recomendadas pela OMS, e ilustradas conforme o fluxograma apresentado na figura 05.

Figura 05 - Etapas para implementação do PSA.



Fonte: WHO, 2017.

O cumprimento das etapas torna-se imprescindível para a execução do plano de gestão na sua totalidade, descrevendo e caracterizando a área de estudo, o sistema de abastecimento e os perigos potenciais, a fim de prever medidas protetivas.

WHO (2017) sugere que uma vez identificados os perigos potenciais, o risco associado a cada evento seja quantificado para que as prioridades no gerenciamento sejam tomadas, tendo em vista que nem todos os perigos exigirão o mesmo grau de atenção. A abordagem faz uso de uma matriz semiquantitativa como ferramenta, que permite atribuir valores numéricos para os eventos perigosos identificados.

Os benefícios da implementação do PSA são vários, tanto para as companhias de abastecimento, quanto para o consumidor final, dentre elas: identificação de riscos, otimização de custos e investimentos, maior eficiência em processos de trabalho, qualificação profissional e a garantia da qualidade e segurança da água (BRASIL, 2012).

2.4 Dados morfométricos

De acordo com Horton (1945), Schumm (1956) e Villela e Matos (1975), citados por Christofolletti (1980) e Tonello (2006), os parâmetros morfométricos utilizando as características físicas das bacias são apresentados como:

Índice de compacidade (Kc): De acordo com Villela e Matos (1975) apud Tonello (2006), trata-se de um coeficiente adimensional que varia de acordo com a forma da bacia, sendo mais irregular a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Kc relaciona o perímetro com a forma da bacia e é obtido pela equação:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

onde, Kc = índice de compacidade;

P = perímetro da bacia (Km);

A = área de drenagem da bacia (Km²).

Índice de circularidade (Ic): Corresponde uma relação entre a área da bacia e um círculo de mesmo perímetro (Villela e Matos, 1975 apud Christofolletti, 1980). O coeficiente é descrito pela fórmula:

$$Ic = 12,57 \frac{A}{P^2}$$

onde, Ic = índice de circularidade.

Fator de forma (Ff): Equivale a uma relação da bacia com um retângulo, sendo a razão entre a área de drenagem e o comprimento axial da bacia (Tonello, 2006), determinado por:

$$Ff = \frac{A}{L'^2}$$

onde, L' = comprimento axial da bacia (nascente até o ponto de captação).

Densidade de drenagem (Dd): Segundo Horton (1945) apud Christofolletti (1980), é um coeficiente que relaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia. É descrito pela fórmula:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

onde, Lt = comprimento total dos canais de escoamento.

Razão de relevo (Rr): Schumm (1956) apud Christofolletti (1980) apresenta o fator que relaciona a amplitude da altitude de uma bacia com a maior extensão da referida bacia. A razão de relevo pode ser descrita por:

$$Rr = \frac{\Delta H}{L'}$$

onde, ΔH = é a amplitude da altitude da bacia.

Densidade hidrográfica (Dh): Para Horton (1945) apud Christofolletti (1980), é um parâmetro que correlaciona o número total de canais de escoamento com a área total da bacia hidrográfica. Pode ser calculada por:

$$Dh = \frac{Nt}{A}$$

onde, Nt = número total de canais de escoamento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Seguindo a classificação de pesquisas sugerida por Prodanov e Freitas (2013), este estudo tem caráter aplicado quanto a sua natureza, por se tratar de interesses locais e se configura como uma pesquisa exploratória sob o ponto de vista dos objetivos, pois possibilita ao pesquisador maior proximidade com o universo do objeto de estudo. Essa proximidade oferece informações e orienta as etapas da pesquisa.

Quanto ao ponto de vista dos procedimentos metodológicos, esta é uma pesquisa documental e bibliográfica, pois utilizou fontes primárias, isto é, dados e informações que ainda não foram tratados científica ou analiticamente. A abordagem dos dados foi feita de forma semiquantitativa, utilizando dados descritivos e transformados em numéricos.

O trabalho seguiu uma linha metodológica dividida em etapas, que estão ilustradas na figura 06 e descritas na sequência.

Figura 06 - Etapas metodológicas desenvolvidas no trabalho.



Fonte: Autor, 2022.

A 1ª etapa consistiu na pesquisa bibliográfica, que possibilitou a descrição e caracterização das fontes de riscos possíveis na área de estudo, bem como a interpretação das diretrizes de implementação do Plano de Segurança da Água (PSA), baseando-se, principalmente em materiais provenientes da Organização Mundial da Saúde (OMS).

A 2ª etapa tratou de uma análise morfométrica desde a nascente do manancial, até o ponto de captação superficial da SANEPAR, a fim de realizar o diagnóstico ambiental da área, principalmente quanto à erosão, por meio de suas características físicas.

A 3ª etapa consistiu em uma coleta de dados para identificar os perigos presentes na captação superficial da microbacia através de observação direta em pesquisas de campo, complementada através de documentação indireta.

A 4ª etapa se restringiu à uma observação dos dados coletados, utilizando as informações obtidas para fazer uma análise semiquantitativa dos riscos previstos. Para isso, considerou-se o método recomendado pela OMS no documento *Guidelines for Drinking-water Quality* (2017) e pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2012), a fim de priorizar os riscos pautados.

A 5ª etapa elencou medidas de controle de acordo com a priorização de riscos obtidas pela matriz semiquantitativa, visando a garantia da segurança da qualidade da água.

3.1 Delimitação da pesquisa

Para a elaboração de um Plano de Segurança da Água há necessidade de estudar o processo completo do abastecimento de água, desde a captação até o fornecimento da água na ligação domiciliar. Além disso, trata-se de um procedimento dividido em várias etapas, envolvendo atividades técnicas para obtenção e monitoramento de dados, participação de conselhos administrativos na elaboração de planos de gestão e atuação ativa da população.

Esse trabalho fez o recorte da área desde a nascente do rio Toledo, até o ponto de captação da água bruta, ou seja, estudou os perigos e riscos envolvidos no processo até o ponto de adução da água para a estação elevatória de água bruta.

Quanto à elaboração do Plano de Segurança da Água, a pesquisa atentou-se à etapa de avaliação do sistema, identificando, analisando e priorizando riscos presentes em um dos vários pontos de um modelo de abastecimento público.

3.2 Análise morfométrica

Foram obtidas as informações altimétricas da região de estudo por meio do projeto *Topodata*, que oferece arquivos no Modelo Digital de Elevação (MDE) de todo o território nacional.

Os arquivos *raster* foram manipulados com o apoio do software de informação geográfica *Qgis*, e imagens do *Bing Satellite*, fornecidas pelas empresas *Earthstar Geographics* e *TomTom*.

Após o mapeamento da área de estudo, obtenção do traçado do rio principal e de todos os outros canais de escoamento, obtiveram-se os parâmetros físicos: Área, perímetro, altitude mínima e máxima, comprimento do rio principal, número de canais de drenagem e comprimento total de drenagem da bacia.

3.3 Matriz semiquantitativa de priorização de risco

Para a etapa 4, que consistiu na obtenção de forma quantitativa para os eventos perigosos identificados, foram definidas escalas de probabilidade e severidade, aplicadas em forma de matriz, baseadas na ferramenta sugerida pela Organização Mundial da Saúde nas diretrizes do PSA.

A adaptação da matriz semiquantitativa de priorização de risco está demonstrada na figura 07:

Figura 07 - Matriz semiquantitativa de priorização de risco (4ª etapa).

Probabilidade	Consequências				
	Insignificante Peso 1	Baixa Peso 2	Moderada Peso 4	Grave Peso 8	Muito grave Peso 16
Quase certo Peso 5	5	10	20	40	80
Provável Peso 4	4	8	16	32	64
Possível Peso 3	3	6	12	24	48
Improável Peso 2	2	4	8	16	32
Muito Improável Peso 1	1	2	4	8	16

- **Muito alto >32: risco extremo e não tolerável; necessidade de ação imediata.**
- **Alto 13-32: risco alto e não tolerável; necessidade de atenção especial.**
- **Médio 7-12: risco moderado; neecessidade de atenção.**
- **Baixo <6: baixo risco e tolerável, controlável por meio de procedimento de rotina.**

Fonte: Adaptado de OMS (2016).

O método consiste na atribuição de valores à consequência e à frequência do risco, onde maior o valor, maior a probabilidade de danos à qualidade da água e à saúde humana.

O resultado obtido pelo evento perigoso foi enquadrado nas classificações previamente definidas pela matriz de risco e expostas na legenda da figura 07, a fim de priorizar os riscos contidos no local de estudo da pesquisa.

O binômio de probabilidade e consequência recebeu definições qualitativas prévias, de forma que a classificação possa contribuir na diminuição do impacto do risco potencial identificado. A descrição dos pesos considerados na matriz de risco está exposta no Quadro 01.

Quadro 01 - Descrição para avaliação semiquantitativa de priorização de risco.

CLASSIFICAÇÃO		DESCRIÇÃO
PROBABILIDADE		
1	Muito improvável	Não aconteceu no passado e é muito improvável que aconteça nos próximos 12 meses.
2	Improvável	Não aconteceu no passado, mas pode ocorrer em condições excepcionais nos próximos 12 meses.
3	Possível	Pode ter acontecido no passado ou pode ocorrer em condições normais nos próximos 12 meses
4	Provável	Tem sido observado no passado e é provável que ocorra nos próximos 12 meses
5	Quase certo	Tem sido frequentemente observado no passado e é quase certo que ocorra na maioria das situações nos próximos 12 meses
CONSEQUÊNCIAS		
1	Insignificante	Perigo ou evento perigoso que não tem efeito ou é negligenciável na saúde, quando comparado com o que é habitual.
2	Baixa	Perigo ou evento perigoso que potencialmente tem um efeito reduzido na saúde. (ex: sintomas temporários tais como irritação, náusea, dor de cabeça)
4	Moderada	Perigo ou evento perigoso que potencialmente poderá ter um efeito na saúde limitado no tempo ou causar uma doença ligeira (ex: diarreia aguda, vômitos, infecção do trato respiratório)
8	Grave	Perigo ou evento perigoso que potencialmente poderá resultar em doença ou lesão (ex: malária, esquistossomose, diarreia crônica, problemas respiratórios crônicos, doenças neurológicas); Ou pode levar a reclamações e originar alguma preocupação;
16	Muito grave	Perigo ou evento perigoso que potencialmente poderá resultar em doença ou lesão grave, ou mesmo a morte (ex: envenenamento grave, perda de extremidades, queimaduras graves, afogamentos); Ou pode originar uma investigação com provável processo jurídico.

Fonte: Adaptado de OMS (2016).

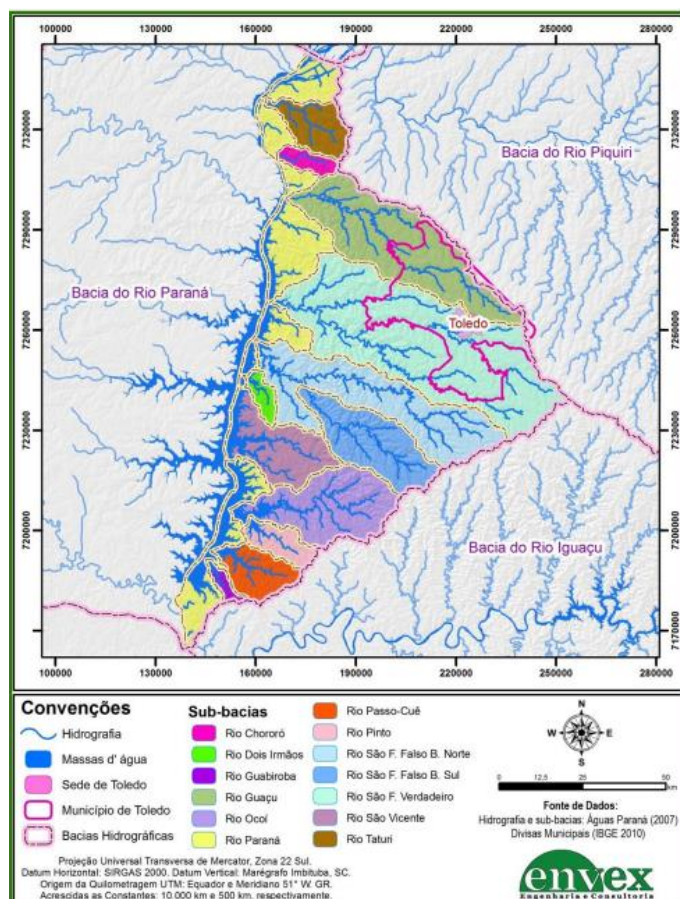
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Rio Toledo corta o município que dá seu nome, dessa forma, o ponto de captação superficial está localizado estrategicamente antes da área urbana, quando se tratando do curso natural da água. O estudo teve enfoque no recorte da bacia hidrográfica que está à montante do ponto de captação, área em questão que se realizou a análise morfométrica.

4.1 Bacia Hidrográfica

Referente à área de estudo, a pesquisa se concentrou no Rio Toledo, situado na cidade de Toledo, no Paraná. O município de Toledo está localizado na Bacia Hidrográfica do Paraná 3 (BP3), a qual está inserida na Região Hidrográfica do Paraná. BP3 abrange uma área de 7979,4km² (TOLEDO, 2017).

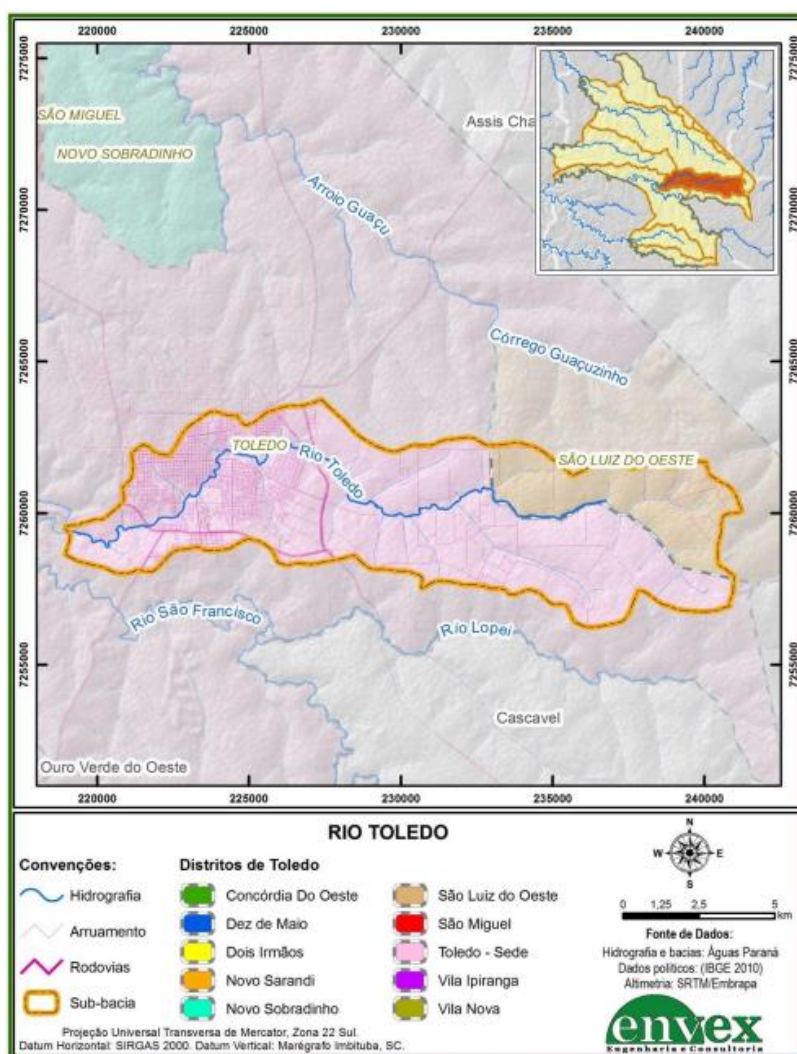
Figura 08 - Sub-bacias hidrográficas da Bacia do Paraná 3.



Fonte: Toledo, 2017.

A microbacia do Rio Toledo possui uma área de aproximadamente 93km², compondo grande parte da área urbana do município (TOLEDO, 2017). De acordo com a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (2018) o rio possui uma extensão de 26,5 km, possui sua nascente entre São Luiz do Oeste e Linha Gramado, com a Foz no Rio São Francisco.

Figura 09 - Sub-bacia de gestão de recursos hídricos do Rio Toledo.



Fonte: Toledo, 2017.

O ponto em que o estudo se debruça, a captação superficial, está localizada nas coordenadas geográficas 24°43'48" S e 53°41'57" O com uma elevação de 513 metros. A figura 10 ilustra o trecho do Rio Toledo desde a nascente até o ponto de captação de água para abastecimento público.

Figura 10 - Vista aérea do recorte de estudo - Rio Toledo.



Fonte: Google Earth, 2022.

Trata-se de um manancial de grande importância para o município, pelo fato de fornecer água para captação e consequente distribuição e uso, também recebe efluentes domésticos e industriais, além da utilização para diversas atividades econômicas (ENVEX, 2016).

Atividades econômicas como a agricultura e, principalmente, a suinocultura podem ameaçar os afluentes e lençóis freáticos que alimentam o Rio Toledo. A saturação dos solos agrícolas e a geração de resíduos pelos suínos são as principais fontes potenciais de poluição devido ao uso e ocupação do solo a montante do ponto de captação superficial (DAMOVICH, et al. 2007).

A estação de coleta de água para abastecimento público da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR abrange uma área de drenagem de 64,24 Km² e está em altitude de 493,49 m de acordo com o estudo de Taborda (2017).

4.2 Ponto de captação superficial

Quanto a localização em que foi realizada a análise semiquantitativa de estressores, tratou-se de desenvolver a identificação de eventos perigosos de um dos componentes do sistema de abastecimento público, o ponto de captação superficial do Rio Toledo (Figura 11).

Figura 11 - Ponto de captação superficial do Rio Toledo.



Fonte: Autor, 2022.

O índice de qualidade da água (IQA) da área de captação superficial é de 64,75, classificado como bom e não apresenta fatores consideráveis na alteração da qualidade da água na bacia (TABORDA, 2017).

O IQA é um parâmetro utilizado no processo de tomada de decisões e monitoramento de seus efeitos, além da facilidade na comunicação com a população leiga (CETESB, 2017). O parâmetro de monitoramento é utilizado a fim de avaliar a qualidade da água fornecida para abastecimento público. Seus indicadores evidenciam, principalmente, contaminação proveniente do lançamento de esgotos domésticos (ANA, 2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A obtenção dos resultados do presente estudo visa promover uma discussão quanto o diagnóstico ambiental do recorte da bacia hidrográfica do Rio Toledo, e especificamente, do ponto de captação superficial do manancial, a fim de colaborar da gestão de riscos dos componentes do sistema de abastecimento público.

5.1 Classificação morfométrica

Os resultados da delimitação da bacia hidrográfica através da sua drenagem revelam uma área de 63,68 Km², um perímetro de 46,80 Km e um canal principal de 18,8 Km. A bacia estudada possui um perfil longitudinal disposto sentido sudeste (montante) e noroeste (jusante).

A tabela 01 exhibe os dados físicos da bacia obtidos através da delimitação da bacia e corpos hídricos, bem como os parâmetros morfométricos com base na bibliografia exposta:

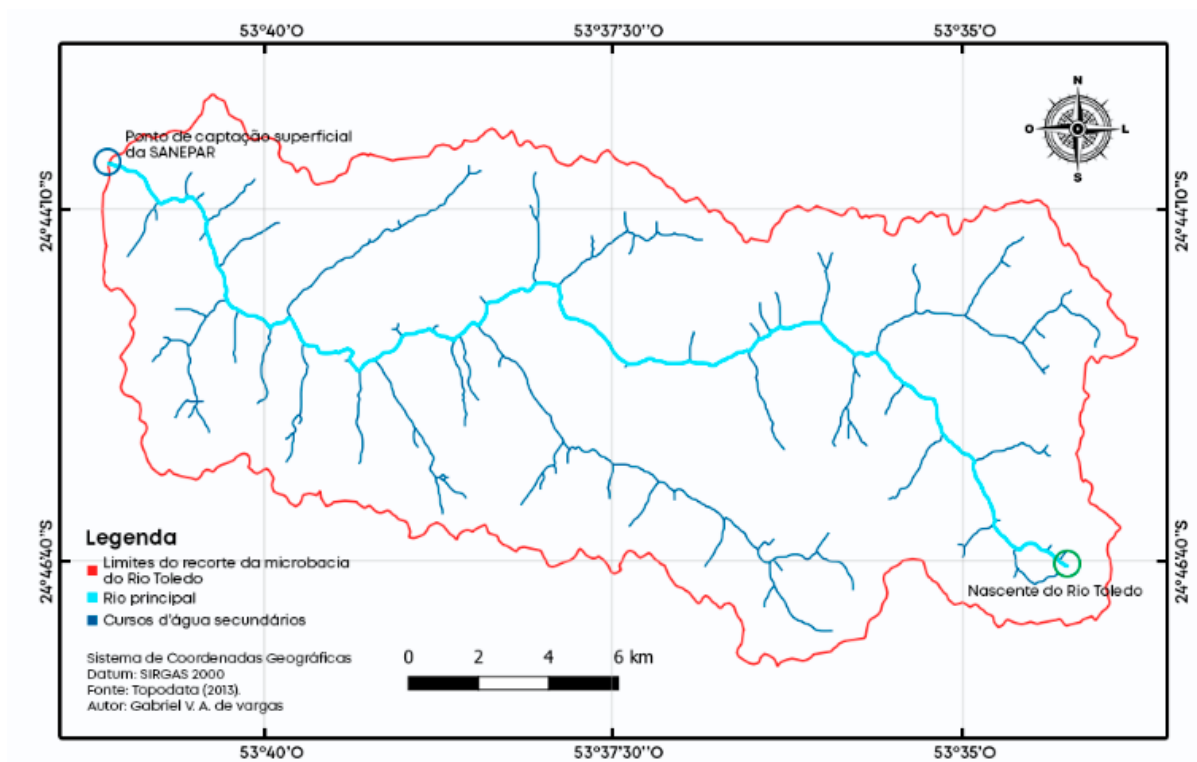
Tabela 01 - Dados e parâmetros morfométricos resultantes.

Parâmetro	Resultado
Área [Km ²]	63,68
Perímetro [Km]	46,80
Altitude média [m]	592,72
Altitude mínima [m]	491,61
Altitude máxima [m]	690,11
Amplitude altimétrica [m]	198,50
Eixo axial [Km]	17,30
Comprimento do rio principal [Km]	18,80
Comprimento total da drenagem [Km]	75,97
Numero de canais de drenagem	179
Índice de compacidade	1,64
Fator de forma	0,21
Índice de circularidade	0,37
Densidade de drenagem	1,19
Razão de relevo	0,01
Densidade hidrográfica	2,81

Fonte: Autor, 2022.

Através dos dados característicos físicos e de informações altimétricas, obteve-se um mapa de drenagem da área de estudo, com auxílio de software de informação geográfica, chegando no resultado do mapa da Figura 12:

Figura 12 - Mapa de drenagem do recorte da bacia do Rio Toledo.



Fonte: Autor, 2022.

O valor obtido para a densidade hidrográficas (D_h), de 2,81 cursos d'água por Km^2 , evidencia uma alta capacidade de gerar novos canais e alta capacidade de escoamento de águas superficiais de acordo com VEIGA SANTOS, *et al*, (2013). O autor cita que uma bacia é considerada bem drenada quando possui um canal por Km^2 .

Por outro lado, o resultado da densidade de drenagem ($1,19 Km^{-1}$) classifica a bacia com média densidade de acordo com a classificação de Beltrame (1994) apud Santos, *et al*, (2012). Desse número podemos extrair que apesar da alta densidade apresentada pela D_h , os cursos que compõem a bacia não são tão extensos.

Indo de encontro com os resultados obtidos para os parâmetros de drenagem, o índice de compacidade (1,64) reflete numa bacia não propensa a grandes enchentes, ou seja, com um alto escoamento superficial, tendendo a um formato mais alongado.

O fator de forma reforça a constatação de uma bacia pouco propensa a enchentes, já que o valor obtido (0,21) é enquadrado no primeiro intervalo da

classificação exposta por Félix (2008) que traz: valores inferiores a 0,50 apresentam baixa propensão a enchentes, de 0,50 a 0,75 média propensão e de 0,75 a 1,00 altamente propenso a grandes enchentes.

Ainda, corroborando com os demais parâmetros de forma da bacia, o índice de circularidade de 0,37 enquadra a bacia como alongada (valores abaixo de 0,51) de acordo com Alves e Castro (2003) apud Veiga e Santos, *et al*, 2013.

Segundo Villela e Mattos (1975), apud Tonello (2005), as bacias alongadas apresentam menor capacidade de retenção de água e maior escoamento, conferindo uma menor propensão a enchentes.

Por último, a razão de relevo obtida foi de 0,01. Considerando o estabelecido por Piedade (1980) apud. Pinto (2015), onde têm-se que: razão de relevo baixa (0,0 a 0,10), razão de relevo média (0,11 a 0,30) e razão de relevo alta (0,31 a 0,60). Desta forma, a bacia se enquadra como uma bacia de relevo baixo, e conseqüentemente, uma velocidade de escoamento da água que varia de baixo para alto.

Observando os resultados e as classificações obtidas, percebe-se uma bacia pouco propensa a acumular água em seu leito e com alta capacidade de escoamento superficial, mesmo que com baixa velocidade devido ao relevo plano. Fator esse que favorece o transporte de sedimentos e colabora no início processo erosivo e aumento da umidade do solo.

O diagnóstico final da bacia exacerba o seu potencial mediante processos erosivos, que por sua vez são reforçados através do desmatamento. O desmatamento é fruto de ações antrópicas, e o recorte da bacia do Rio Toledo conta com vários terrenos adjacentes utilizados para agricultura, que podem ser potenciais causadores da desarborização do entorno do leito do rio.

O solo quando protegido pela vegetação apresenta o processo de infiltração e umidificação mais brando e harmônico, evitando assim a degradação do terreno.

Dessa forma, os resultados reforçam a necessidade da manutenção da cobertura vegetal, que exerce uma função de proteção do manancial aos processos erosivos, tendo em vista a capacidade de deflúvio da bacia.

5.2 Matriz de risco

Em um primeiro momento, os eventos perigosos (EP) foram identificados de forma qualitativa, considerando os principais elementos e componentes da captação da água, aliado às referências bibliográficas, observação *in loco* em visita prévia, além de conhecimentos preliminares.

Os fatores levados em consideração foram: as fontes do evento perigoso, vulnerabilidade e sua suscetibilidade. Após elencar fatores potenciais, fez-se uma triagem dos eventos possíveis para a área de estudo, retirando aqueles que não se aplicam.

Com os eventos potenciais filtrados, utilizou-se de *checklist* em uma visita ao ponto de captação superficial, visando atribuir pesos quanto a probabilidade e severidade do evento previamente descrito.

O Quadro 02 apresenta o levantamento de eventos perigosos e suas eventuais causas, que foram utilizados como base para aplicação dos valores quantitativos, bem como os números atribuídos quanto a probabilidade e severidade, sua pontuação final e a classificação de risco correspondente para cada evento perigoso.

Quadro 02 - Eventos perigosos potenciais existentes na área de captação.

Evento	Eventos com potencial poluidor de manancial superficial	Fonte	Severidade	Probabilidade	Pontuação	Classificação de risco
EP.1	Contaminação da água provenientes de incêndios	Vieira; Morais (2005)	2	3	6	Baixo
EP.2	Contaminação da água provocada pelo tráfego de veículos (barcos, estacionamento, etc.)	Beuken et al. (2008)	2	4	8	Médio
EP.3	Contaminação da água provocada por atividades recreativas	Beuken et al. (2008)	2	5	10	Médio
EP.4	Entupimento e/ou assoreamento dos canos de captação	Braga (2015)	1	2	2	Baixo
EP.5	Escoamento de resíduos agrícolas	Beuken et al. (2008)	4	3	12	Médio
EP.6	Escoamento de resíduos urbanos	Beuken et al. (2008)	4	2	8	Médio
EP.7	Falha mecânica ou estrutural na captação	Beuken et al. (2008); Vieira; Morais (2005)	2	1	2	Baixo
EP.8	Ineficiência da proteção (cercamento), permitindo acesso e/ou contato com a área de captação	Braga (2015)	8	3	24	Alto
EP.9	Inexistência de placa de aviso/identificação da área de captação	Vieira; Morais (2005)	8	3	24	Alto
EP.10	Lançamento de efluentes na área de captação	Vieira; Morais (2005)	4	2	8	Médio
EP.11	Má conservação da barragem de rejeitos da fonte de captação	Beuken et al. (2008)	4	1	4	Baixo
EP.12	Ocorrência de inundações	Beuken et al. (2008)	2	1	2	Baixo
EP.13	Ocorrência de secas	Beuken et al. (2008); Vieira; Morais (2005)	4	1	4	Baixo
EP.14	Presença de águas residuais industriais ou domésticas	Beuken et al. (2008); Vieira; Morais (2005)	4	1	4	Baixo
EP.15	Presença de animais em torno da área de captação	Beuken et al. (2008)	2	3	6	Baixo
EP.16	Presença de carcaças de animais em torno da área de captação	Beuken et al. (2008)	4	2	8	Médio
EP.17	Presença de depósito de resíduos sólidos em torno da área de captação	Vieira; Morais (2005)	2	2	4	Baixo
EP.18	Presença de erosão	Adaptado de Beuken et al. (2008)	2	2	4	Baixo
EP.19	Presença de excrementos animais e/ou humanos em torno da área de captação	Beuken et al. (2008)	8	3	24	Alto
EP.20	Presença de humanos com comportamento anti-higiênico	Beuken et al. (2008)	8	3	24	Alto
EP.21	Presença de piscicultura ou pesca intensiva em torno da área de captação	Beuken et al. (2008)	4	2	8	Médio
EP.22	Presença de rejeitos provenientes de mineração	Vieira; Morais (2005)	2	1	2	Baixo
EP.23	Presença elevada de algas na área de captação	Vieira; Morais (2005)	2	2	4	Baixo
EP.24	Utilização de agrotóxicos e fertilizantes em torno da área de captação	Beuken et al. (2008)	2	4	8	Médio
EP.25	Vandalismo	Beuken et al. (2008)	2	5	10	Médio

Fonte: Autor, 2022.

Para avaliar o risco associado a cada evento, foram definidas descrições qualitativas prévias tanto para probabilidade, quanto para consequências para a saúde humana, visando eliminar ou mitigar os efeitos que esse risco possa vir causar à população.

A análise de cada evento potencial levou em consideração as descrições qualitativas previstas pela metodologia e expostas no Quadro 01, gerando um resultado final conforme a matriz semiquantitativa de priorização de riscos (Figura 06).

Após a classificação de cada risco com base nas escalas definidas, foi possível obter a priorização dos riscos com base nas pontuações obtidas do cruzamento probabilidade *versus* severidade das consequências.

Os resultados obtidos apresentam 13 eventos perigosos com classificação de risco alto a médio, representando mais de 50% dos estressores identificados.

Os pontos que causam mais preocupação pelo alto risco (pontuação acima de 13 e menor do que 32) conforme a classificação foram: a ineficiência da proteção (EP.8), permitindo o acesso de visitantes a área; a inexistência de placas sinalizando a área de captação (EP.9); a presença de excrementos humanos/animais em torno da área (EP.19) e a presença de humano com comportamentos anti-higiênicos (EP.20).

O cercamento da área de captação possui pontos não eficientes, permitindo o fácil acesso e refletindo na pontuação para a probabilidade (3 pontos) e severidade (8 pontos) para o EP.8.

As figuras 13 e 14 evidenciam a vulnerabilidade do acesso ao ponto de captação.

Figura 13 - Entrada do ponto de captação superficial.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 14 - Cercamento do acesso ao ponto de adução de água da captação superficial



Fonte: Autor, 2022.

Também, a alta pontuação de 24 pontos para a inexistência de placa de identificação (EP.9) é justificada pela falta de sinalização que identifique a o ponto de captação superficial, expondo os riscos e orientações a serem tomadas por terceiros que acessem o local.

Os eventos relacionados a presença de excrementos de humanos/animais em torno da área (EP.19) e a presença de humanos com comportamentos anti-higiênicos (EP.20) também foram classificados como alto risco, muito por conta também do mal isolamento do ponto de captação, principalmente a montante do ponto de adução da água, conferindo ainda mais riscos à qualidade da água que abastece a população do município.

Por ordem, a priorização de riscos considera a necessidade de atenção aos eventos perigosos que apresentam classificação de risco moderado (resultados inseridos no intervalo de 7-12 pontos).

Destaque aos três eventos de maior pontuação classificados com risco moderado: escoamento de resíduos agrícolas (EP.5); contaminação da água provocada por atividades recreativas (EP.3) e vandalismo (EP.25).

A alta pontuação de probabilidade para o evento 3, que compreende a contaminação devida atividades recreativas é fundamentada pela presença de pessoas em momentos de lazer, conforme pode ser verificado na Figura 15.

Figura 15 - Pessoas em momento de lazer no entorno da área de captação superficial.



Fonte: Autor, 2022

O evento perigoso 5 possui a pontuação amparada pelas várias propriedades vizinhas ligadas à atividade econômica da agricultura, conferindo uma probabilidade com peso 3. A alta severidade do evento perigoso se dá pelo risco que a contaminação proveniente do uso de agrotóxicos traz à saúde humana.

Também com a pontuação de 5 para a suscetibilidade do risco potencial, o vandalismo (EP.25) apresenta indício de sua ocorrência manifesto na Figura 16.

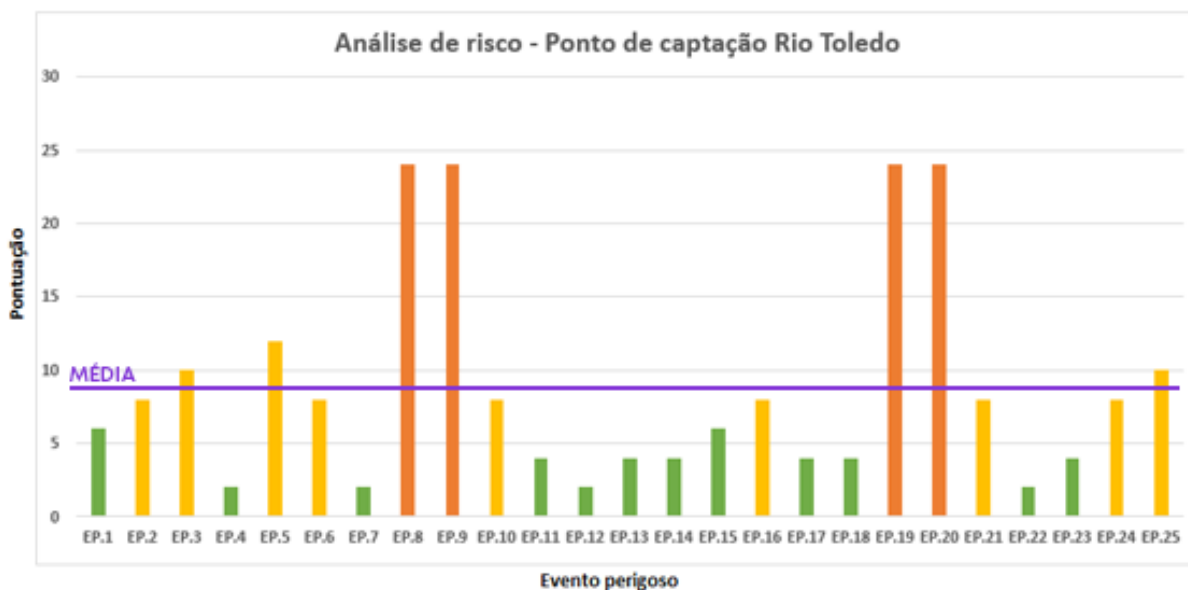
Figura 16 - Vestígios de vandalismo no entorno da área de captação superficial.



Fonte: Autor, 2022

A partir do modelo de matriz de risco proposto, foi possível calcular o risco médio para todos os eventos perigosos envolvidos na captação superficial. O valor encontrado foi de 8,8 pontos, que de acordo com a classificação de riscos, indica que o sistema como um todo possui médio risco e necessita de atenção. O gráfico da Figura 17 exibe as pontuações para os eventos perigosos em comparação com a média do sistema como um todo.

Figura 17 - Resumo da análise de risco do ponto de captação superficial do Rio Toledo.



Fonte: Autor, 2022

Contudo, vale ressaltar que tal conclusão deve ser cautelosa, tendo em vista resultados com o risco alto, portanto, necessitando de atenção especial e de forma prioritária.

Por último, foi realizada a sugestão de medidas de controle, de acordo com as diretrizes do PSA, propostas pela Organização Mundial da Saúde, que indica a gestão de risco levando em conta a causa principal do evento perigoso considerado, o uso do conhecimento prévio e as informações adquiridas sobre o sistema analisado.

Identificados e caracterizados os perigos potenciais, as medidas de controle propostas são baseadas no princípio de múltiplas barreiras, que consiste no princípio de que uma única medida pode ser utilizada para o controle de vários eventos perigosos, bem como um evento perigoso pode necessitar de mais de uma medida de controle.

As medidas de controle foram sugeridas pelo autor, baseadas nas recomendações e diretrizes da etapa de controle do desenvolvimento do PSA, conforme WHO (2017), Brasil (2012) e OMS (2016).

O quadro 03 relaciona os eventos perigosos, suas classificações de risco e a medida de controle sugerida.

Quadro 03 - Medidas de controle para eventos perigosos em captação superficial.

Evento	Eventos com potencial poluidor de manancial superficial	Pontuação	Classificação de risco	Medidas de controle
EP.1	Contaminação da água provenientes de incêndios	6	Baixo	Educação comunitária; controlar o acesso na área de captação e realização de vigilâncias periódicas.
EP.2	Contaminação da água provocada pelo tráfego de veículos (barcos, estacionamento, etc.)	8	Médio	Isolar a área de captação do acesso de veículos.
EP.3	Contaminação da água provocada por atividades recreativas	10	Médio	Educação comunitária; viabilizar locais propícios para as atividades recreativas.
EP.4	Entupimento e/ou assoreamento dos canos de captação	2	Baixo	Manutenção preventiva.
EP.5	Escoamento de resíduos agrícolas	12	Médio	Conservação da mata ciliar em torno da área de captação.
EP.6	Escoamento de resíduos urbanos	8	Médio	Conservação da mata ciliar em torno da área de captação.
EP.7	Falha mecânica ou estrutural na captação	2	Baixo	Manutenção preventiva.
EP.8	Ineficiência da proteção (cercamento), permitindo acesso e/ou contato com a área de captação	24	Alto	Melhorar o cercamento, evitando o acesso de pessoas não autorizadas.
EP.9	Inexistência de placa de aviso/identificação da área de captação	24	Alto	Fixação de placa de identificação da área.
EP.10	Lançamento de efluentes na área de captação	8	Médio	Promover fiscalização.
EP.11	Má conservação da barragem de rejeitos da fonte de captação	4	Baixo	Manutenção preventiva.
EP.12	Ocorrência de inundações	2	Baixo	Implantação de sistema de escoamento no ponto de captação.
EP.13	Ocorrência de secas	4	Baixo	Implantação de sistema de armazenamento de água.
EP.14	Presença de águas residuais industriais ou domésticas	4	Baixo	Promover fiscalização.
EP.15	Presença de animais em torno da área de captação	6	Baixo	Isolar a área de captação do acesso animais através de cercamento.
EP.16	Presença de carcaças de animais em torno da área de captação	8	Médio	Educação comunitária; isolar a área de captação do acesso animais através de cercamento.
EP.17	Presença de depósito de resíduos sólidos em torno da área de captação	4	Baixo	Implantação de sistema de coletores de resíduos sólidos.
EP.18	Presença de erosão	4	Baixo	Conservação da mata ciliar em torno da área de captação.
EP.19	Presença de excrementos animais e/ou humanos em torno da área de captação	24	Alto	Isolar a área de captação do acesso animais e/ou humanos através de cercamento.
EP.20	Presença de humanos com comportamento anti-higiênico	24	Alto	Educação comunitária; isolar a área de captação do acesso animais e/ou humanos através de cercamento.
EP.21	Presença de piscicultura ou pesca intensiva em torno da área de captação	8	Médio	Promover fiscalização.
EP.22	Presença de rejeitos provenientes de mineração	2	Baixo	Promover fiscalização.
EP.23	Presença elevada de algas na área de captação	4	Baixo	Coibir atividades poluidoras em torno do ponto de captação.
EP.24	Utilização de agrotóxicos e fertilizantes em torno da área de captação	8	Médio	Promover fiscalização; firmar acordo com vizinhos para não utilização de substâncias perigosas.
EP.25	Vandalismo	10	Médio	Promover fiscalização; isolar a área de captação do acesso de humanos através de cercamento.

Fonte: Autor, 2022.

De acordo com a priorização de riscos, a tomada de ação a fim de diminuir as consequências dos riscos potenciais deve partir da maior classificação obtida pela matriz semiquantitativa.

Dessa forma, as medidas de controle sugeridas para EP.8, EP.9, EP.19 e EP.20 devem ser priorizadas, sendo elas: Melhoria do cercamento do ponto de captação superficial, a fim de isolar o acesso de terceiros e a fixação de placa de identificação da área.

Percebe-se a presença do princípio de múltiplas barreiras sugerido pelas diretrizes da Organização Mundial da Saúde para gestão de risco, haja visto que a melhoria no sistema de proteção do manancial solucionaria três eventos perigosos.

Dando sequência do planejamento de controle do ponto de captação superficial, as medidas de controle que devem ser consideradas por ordem, são aquelas que colaboram na diminuição dos riscos sinalizados por EP.3, EP.5 e EP.25, classificados com médio risco e que apresentem a maior pontuação.

O isolamento do local já previsto para a gestão dos eventos de alto risco, também colabora com o controle da contaminação proveniente de atividades recreativas e o vandalismo. Medidas como a educação comunitária, fiscalização e a viabilização de locais apropriados para o lazer da população contribuem para a administração dos danos causados pelos riscos identificados. Ademais, a manutenção da cobertura vegetal é uma medida de controle que auxilia no controle do risco potencial de maior pontuação dentro dos eventos de risco moderado, a contaminação proveniente do escoamento de resíduos agrícolas (EP.5).

Vale lembrar que a consolidação do Plano de Segurança da água deve prever um plano de melhoria que, de acordo com a priorização de riscos, também execute as alternativas que visem reduzir o nível do risco dos demais eventos classificados com risco moderado e baixo, dessa forma então, garantindo a total segurança da qualidade da água

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem constatar que o presente estudo atinge os objetivos propostos: Mapeou-se a drenagem e obteve-se o diagnóstico ambiental da área de estudo através do levantamento de características físicas e obtendo os parâmetros morfométricos da bacia considerada.

Os resultados evidenciaram a propensão da bacia ao escoamento superficial da água devido a sua forma e drenagem, conferindo um potencial a processos erosivos. Assim sendo, evidencia-se a necessidade de atenção especial para medidas de manutenção da mata ciliar na área da bacia visando influenciar diretamente no fluxo de água superficial e no solo.

A erosão implica na sedimentação das áreas de encosta do leito, podendo causar o assoreamento do rio. Além disso, as porções de terra degradadas podem acompanhar defensivos agrícolas e fertilizantes que contaminam o corpo hídrico.

Além disso, foram identificados os perigos potenciais presentes no ponto de captação superficial da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR visando colaborar com a qualidade da água para abastecimento público. Por meio de levantamentos bibliográficos, caracterizou-se a área de estudo, e através de observações diretas, classificou-se os riscos a fim de priorizar ações de medidas de controle.

Os resultados evidenciaram eventos perigosos que foram classificados de alto risco, com pontuações de até 24 pontos, em que grande parte é justificada pela facilidade do acesso de terceiros ao ponto de captação superficial, a exemplo dos riscos potenciais elencados: ineficiência do cercamento e a contaminação oriunda dos comportamentos anti-higiênicos de humanos e animais. Constatações essas que tornam a área e a água destinada ao abastecimento público vulneráveis, podendo trazer consequências graves aos consumidores.

Por ordem, os eventos perigosos classificados com risco moderado necessitam atenção, sendo a classificação de alguns deles também fundamentados na falta de proteção da área do manancial, à exemplo da contaminação proveniente de atividade recreativas e o vandalismo. Também, devido aos terrenos vizinhos apresentarem, em sua grande maioria, o exercício da atividade econômica da agricultura, o risco

potencial relacionado ao escoamento de resíduos agrícolas apresentou a maior pontuação dentre os classificados com risco moderado.

Tem-se que apesar da real existência de perigos, as medidas de controle que podem ser adotadas são de caráter simplório, com resultado imediato, e que abrangeriam mais de um estressor de alto risco encontrado.

De encontro com o princípio de múltiplas barreiras, algumas medidas como a melhoria do isolamento do ponto de captação, educação comunitária, fixação de placa de sinalização, manutenção da mata ciliar e a fiscalização cooperam na gestão e monitoramento dos riscos com maior pontuação.

O presente estudo segue as diretrizes e colabora com o desenvolvimento de uma das etapas de avaliação do sistema do manancial do Plano de Segurança da Água, sugerido pela Organização Mundial da Saúde, descrevendo o sistema de captação superficial, detectando eventos perigosos e propondo medidas de controle.

Acredita-se que os resultados e constatações auxiliam no controle e gestão de riscos da captação superficial, e que, tanto a implementação das medidas de controle, quanto a composição de um PSA para a bacia, ofereceriam uma maior garantia da segurança e qualidade da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA)**. Portal da Qualidade das Águas. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> Acesso em: 08 de setembro de 2022.

BEUKEN, R, et al. **Identification and description of hazards for water supply systems - A catalogue of today's hazards and possible future hazards**. TECHNEAU, Deliverable no D4.1.4. 79p, 2008.

BRAGA, R. J. DE O. **Diretrizes para proposição de Planos de Segurança da Água em Sistemas de Abastecimento Municipais Goianos**. Universidade Federal de Goiás, 2015.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS Nº 888**, 4 de maio de 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em 13 de junho de 2022.

BRASIL. Secretaria de vigilância em saúde. **Plano de Segurança da Água: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde – Um olhar do SUS**. 2012. Brasília. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_seguranca_agua_qualidade_sus.pdf. Acesso em: 10 de junho de 2022.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **IQA – Índice de Qualidade das Águas. São Paulo**. CETESB, 2015. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 08 de setembro de 2022.

CHAMUN, C. C. **Avaliação da poluição difusa de esgoto doméstico veiculado a bacia hidrográfica urbana**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7706>. Acesso em: 01 de junho de 2022

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2º. ed. São Paulo: Blucher, 1980.

CUNHA, C.L.N.; FERREIRA, A.P. **Modelagem matemática para avaliação dos efeitos de despejos orgânicos nas condições sanitárias de águas ambientais**.

Cadernos de Saúde Pública, v. 22, n. 8, p. 1715-1725, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/TDnPPt7Yzdbx8WDmXYK8nFg/abstract/?lang=pt>.

Acesso em: 01 de junho de 2022.

DAMOVICH, J. et al. **Diagnóstico ambiental em torno da suinocultura na bacia do rio Toledo e identificação do potencial econômico dos dejetos.** V Encontro de Economia Paranaense–ECOPAR. Anais. Curitiba, 2007.

ENVEX ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2016. **Diagnostico das disponibilidades e demandas hídricas atuais, uso e ocupação do solo, potencial de produção de sedimentos e levantamento de eventos críticos. Relatório para o Plano Municipal de Recursos Hídricos do Município de Toledo.** Disponível em: https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/paginabasica-2022-08/plano_municipal_de_recursos_hidricos_aprovado_1.pdf. Acesso em 07 de setembro de 2022.

FADINI, P. S.; FADINI, A. A. B. **Lixo: desafios e compromissos.** Cadernos temáticos de Química Nova na Escola. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química. Nº 1, p.9-18, 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbgq.org.br/online/cadernos/01/lixo.pdf>. Acesso em: 02 de junho de 2022.

FÉLIX, E. et al. **LEVANTAMENTO E ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL-MT** Cuiabá, 2017. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1779>. Acesso em 20 de novembro de 2022.

GIORDANO, G.; **Tratamento e controle de efluentes industriais.**; Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://metalcleanaguas.com.br/pdf/tratamento-controle-efluentes-industriais.pdf>. Acesso em: 01 de junho de 2022.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: Um desafio atual para a sobrevivência futura.** Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v.3, p.33-38, 2002. Disponível em: https://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf. Acesso em 01 de junho de 2022.

MEYBECK, M; HELMER, R.. **Chapter 1 – An introduction to water quality**. In CHAPMAN, Deborah V. Water Quality assessments: a guide to use of biota sediments and water in environmental monitoring – 2ed. Londres: UNESCO, WHO, UNEP, E & FN SPON. 1996. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237320993_Water_Quality_Assessments_-_A_Guide_to_Use_of_Biota_Sediments_and_Water_in_Environmental_Monitoring_-_Second_Edition . Acesso em 10 de maio de 2022.

MILLER JR., G.. **Ciência ambiental**. Tradução de All Tasks. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 501p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/404942705/Ciencia-Ambiental-G-TYLER-MILLER-JR-pdf>. Acesso em 11 de maio de 2022.

NASS, D. P. **O Conceito de Poluição**. Revista Eletrônica de Ciências. Número 13, novembro de 2002. Disponível em: https://professora-mirtes.webnode.com/_files/200000113-738c57486a/O%20conceito%20de%20polui%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em 30 de maio de 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Planejamento da segurança do saneamento: Manual para o uso e eliminação segura de água residuais, águas cinzentas e dejetos**. 2016. 160p. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/171753/9789248549243-por.pdf;jsessionid=D40A87500A66F04B2814D89FF243BBED?sequence=5>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

PEREIRA, R. S. **Poluição Hídrica: Causas e consequências**. Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSUL) - Campus Pelotas, 2004. Disponível em: <https://www.vetorial.net/~regissp/pol.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2022.

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R. de; OLIVEIRA, H. T. de; PRIMAVESI, A. C. P. A. **A qualidade da água na microbacia hidrográfica do ribeirão Canchim, São Carlos, SP, ocupada por atividade pecuária**. Acta Limnologica Brasiliensia, São Paulo, v.12, n.1, p.95-111, 2000. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/45345/a-qualidade-de-agua-na-microbacia-hidrografica-do-ribeirao->

[canchim-sao-carlos-sp-ocupada-por-atividade-pecuaria](#). Acesso em: 01 de junho de 2022.

PRODANOV, C. C.; FREIRAS, C. F. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico---2-edicao>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

SANTOS, A. et al. **Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil**. Revista Ambiente & Água, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/tYpMVzyHC7Gw49N4FvHF7qb/abstract/?lang=pt>. Acesso em 20 de novembro de 2022.

SANTOS, F. P. **Meio ambiente e poluição**. Revista Jus Navigandi, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 9, n. 201, 23 jan. 2004. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/4753>. Acesso em: 01 junho 2022.

SHAHRIAR, A.; DHRUBO B.; MD SAZZAD H. **Environmental Impacts of Commercial Shrimp Farming in Coastal Zone of Bangladesh and Approaches for Sustainable Management**, International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources, Juniper Publishers Inc., vol. 20, p 84-92, 2019. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/adp/ijesnr/v20y2019i3p84-92.html>. Acesso em: 01 de junho de 2022.

SODRÉ, S. S. **Fontes Difusas de Poluição da Água: Características e métodos de controle**. Artigos Temáticos do AQQUA, São Paulo, v. 1: p.9-16, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259931701_Fontes_Difusas_de_Poluicao_da_Agua_Characteristicas_e_metodos_de_controle. Acesso em: 01 de junho de 2022.

SOUZA, J. S. **O impacto ambiental atribuído à pecuária**. Artigo da revista do Conselho Regional de Medicina Veterinária do Paraná, 30ª ed., 2010. Disponível em https://www.crmv-pr.org.br/artigosView/64_O-impacto-ambiental-atribuido-a-pecuaria.html. Acesso em: 01 de junho de 2022.

SOUZA, R. **Princípios e métodos utilizados em segurança da água para consumo humano.** São Paulo, 2008. Disponível em:

https://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilanciaepidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-ocasionadas-pelo-meioambiente/doc/seguranca_agua.pdf. Acesso em 10 de maio de 2022.

TABORDA, J. et al. **Avaliação dos aspectos físico-químicos e microbiológicos para determinação do índice de qualidade da água-IQA no Rio Toledo-PR.**

Toledo, 2017. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/3097>. Acesso em 07 de setembro de 2022.

TAVARES, L. H. S. **Qualidade da água em aquicultura.** Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola, v.1, Nariño, 2004. Disponível em:

<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1519>. Acesso em: 01 de junho de 2022.

TOLEDO, Lei nº 2243 de 11 de outubro de 2017. **Aprova o Plano Municipal de Recursos Hídricos de Toledo – PMRH.** Disponível em:

<https://www.toledo.pr.gov.br/portal/plano-municipal-de-recursos-hidricos/plano-municipal-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

TOLEDO, Prefeitura Municipal. **Malha Hidrográfica.** 2010. Disponível em: <https://www.toledo.pr.gov.br/portal/malha-hidrografica/malha-hidrografica>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

TUNDISI, JG. 2008. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções.** Estudos avançados. São Paulo, vol. 22, no. 63, p. 7-16, 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ea/a/7gyMPtTzfkYfWwsMHqVLTqm/abstract/?lang=pt>.

Acesso em: 01 de junho de 2022.

TONELLO, K. et al. **Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG.** Revista Árvore 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rarv/a/Lst9NTwcpCs8dGtd638x4f/abstract/?lang=pt>. Acesso em 20 de novembro de 2022.

VEIGA, A. M. et al. **CARACTERIZAÇÃO HIDROMORFOLÓGICA DA BACIA DO RIO MEIA PONTE. CAMINHOS DE GEOGRAFIA,** Uberlândia, 2013. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/273764188_CHARACTERIZACAO_HIDROMORFOLOGICA_DA_BACIA_DO_RIO_MEIA_PONTE. Acesso em: 20 de novembro de 2022.

VIEIRA, J. M. P.; MORAIS, C. **Planos de segurança em sistemas públicos de abastecimento de água para consumo humano**. Portugal: Instituto Regulador de Águas e Resíduos e Universidade do Minho, 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**, v.1. 2. ed. Belo Horizonte/MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452p. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/e1c00e>. Acesso em 10 de maio de 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for drinking water quality - Fourth edition incorporating the first addendum**. Geneva, 2017. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>. Acesso em 12 de maio de 2022.